

Análise da eficiência energética da envoltória do edifício Ministros II do Superior Tribunal de Justiça sob o ponto de vista do método prescritivo do RTQ-C

Maria Helena Pereira- (helena-g97@hotmail.com)
MBA Construções Sustentáveis e Edificações Eficientes
Instituto de Pós-Graduação – IPOG
Brasília, DF, 18/02/2016

Resumo

O presente artigo visa analisar a envoltória do edifício Ministros II do Superior Tribunal de Justiça sob o ponto de vista dos parâmetros de eficiência energética estabelecidos pelo método prescritivo do RTQ-C. O complexo de prédios do STJ foi construído no início dos anos de 1990, quando a crise energética ainda não atingia a sociedade brasileira, e não havia preocupação com as questões bioclimáticas. O edifício possui estrutura em concreto armado com grandes aberturas e vedação em “pele de vidro” o que gerou a necessidade de proteções solares (*brises-soleil*) para redução das cargas térmicas nos ambientes internos. A solução arquitetônica, neste caso, veio acompanhada de sistema de ar condicionado de alto desempenho e iluminação artificial, que possuem elevado consumo de energia. O estudo levou em consideração o arcabouço normativo brasileiro, voltado para a etiquetagem de eficiência energética das edificações (RTQ-C, NBR 15.220/2010 e NBR 15.575/2013), bem como a IN 02/2014 de MPOG que torna obrigatória a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nível A para os projetos e obras de edificações públicas no Brasil. Verificou-se que, apesar da qualidade do projeto arquitetônico, a envoltória do edifício apresenta algumas soluções que comprometem o seu desempenho térmico, alcançando apenas a etiqueta Nível C. O nível A seria alcançado com algumas adaptações nos materiais e cores das superfícies opacas da cobertura e das paredes externas, bem como no vidro que compõe a pele de vidro das fachadas. Todavia, em sendo uma obra do arquiteto Oscar Niemeyer, qualquer intervenção tem que ser pensada de forma a não descaracterizar o imóvel e nem ferir sua concepção original.

Palavras chave: Eficiência energética. Conforto ambiental. Etiquetagem do edifício. Método prescritivo

1.Introdução

O Superior Tribunal de Justiça foi criado pela Constituição Federal de 1988 para compor uma nova estrutura dentro do organograma do Poder Judiciário brasileiro e seria composto por, no mínimo 33 magistrados. Sendo uma estrutura nova, demandou a construção de nova sede, cuja obra teve início em 1990 e foi inaugurada em 1995.

O projeto arquitetônico foi concebido pelo Arquiteto Oscar Niemeyer, composto originalmente por seis blocos com atribuições distintas e características modernas e diferenciadas de acordo com as funções. À época, foram utilizadas as técnicas mais modernas do concreto armado e do concreto protendido. Também foi utilizado o sistema de pele de

vidro nas aberturas dos blocos que as contêm (Fig.1), levando-se em conta a possibilidade de obter conforto e eficiência energética por meios ativos, como sistemas de ar condicionado de alto desempenho e iluminação artificial.



Fig.1- Foto aérea do complexo do STJ

Fonte: acervo da Coordenadoria de Engenharia e Arquitetura do STJ

Analisando o conjunto, ficam claras as preocupações do arquiteto com questões bioclimáticas como: - a implantação favorável dos prédios no terreno em relação à orientação solar, o uso de pilotis favorecendo a ventilação, o uso de elementos de sombreamento das fachadas dos blocos que possuem a pele de vidro, a colocação dos ambientes internos nas faces voltadas para o Sul (onde incide sol apenas parte do dia), bem como a colocação de jardins internos em alguns deles, com a intenção de melhorar a qualidade e o conforto dos usuários. Ainda assim, não houve preocupação significativa com os padrões de consumo de energia elétrica. É que, ao utilizar energia elétrica para o condicionamento e a iluminação artificiais dos ambientes internos, o consumo energético aumenta muito e compromete a eficiência do prédio.

Como ressaltam Oscar Corbella e Vivivane Corner (2011), “não havia no Brasil, como nos países desenvolvidos, um olhar voltado para a relação existente e necessária entre a arquitetura e o clima local, e nem uma forma de projetar preocupada com a recuperação de parâmetros arquitetônicos bioclimáticos, perdidos ao longo do tempo”. Esses parâmetros realmente são importantes, pois aliados à tecnologia, à forma e ao estilo arquitetônico evitam o desperdício de recursos naturais, melhoram o conforto e a qualidade de vida dos usuários e contribuem para o uso racional de energia.

Da mesma forma, não havia também, à época, uma legislação instituída para promover a eficiência energética das edificações. Somente em 2001, com a Lei 10.295 que instituiu a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, foi que o país iniciou esse processo, vindo a cobrir esta lacuna. Foi o marco da eficiência energética no Brasil.

O Decreto 4059/2001 criou o Grupo Técnico para a Eficientização de Energia nas Edificações e estabeleceu níveis máximos de consumo de energia ou níveis mínimos de eficiência energética de máquinas, de aparelhos consumidores de energia e também das edificações construídas. Estas só vieram a receber uma regulamentação específica e indicadores técnicos em 2009, com a Portaria 163 do INMETRO que aprovou o Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e

Públicas (RTQ-C), com o objetivo de criar as condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética dos edifícios no Brasil.

Ao longo do processo de aperfeiçoamento, e devido à necessidade de estabelecer regras equilibradas e de conhecimento público para a etiquetagem das edificações e a concessão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), o INMETRO instituiu, em 2013, o RAC-C (Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas), criando os mecanismos importantes de avaliação da conformidade.

Neste intervalo de tempo, foram aprovadas também as normas de desempenho térmico em edificações - NBR 15.220/2005 e NBR 15575/2010 - direcionadas para o desempenho energético das edificações.

E finalmente a Instrução Normativa 02 do MPOG/SLTI, de 04/06/2014, foi instituída para “estabelecer as regras para o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que venham a receber retrofit”. Em seu art.6º a IN 02 prevê que “as obras de *retrofit* de edificações públicas devem ser contratadas visando a obtenção da ENCE classe “A”.

2. Eficiência energética e conforto nas edificações

O conceito de eficiência energética está associado ao menor consumo de energia, de forma a assegurar o máximo conforto ambiental aos usuários. Entretanto, o menor consumo de energia nem sempre assegura o bem estar e a qualidade dos espaços.

As soluções arquitetônicas é que são responsáveis mais diretamente por assegurar o conforto térmico, visual, acústico e antropométrico dos usuários do edifício, cujas condições são obtidas a partir de proposições compatíveis com as características gerais do clima onde está inserida a edificação. No caso do Brasil, com maior parte do território em clima tropical, e como ensina o arquiteto e professor Antônio Manuel Corado Fernandes “é importante reduzir as cargas térmicas que penetram no espaço interno, comprometendo a habitabilidade e elevando, desnecessariamente e onerosamente, os gastos energéticos com a climatização artificial”.

Neste sentido, faz-se necessário o uso de alguns recursos e estratégias como forma de controle solar. Proteger o sol do verão e aproveitar o sol do inverno, reduzir áreas de vidro nas fachadas e aberturas, usar ventilação natural para renovação do ar interno e resfriamento dos ambientes, isolar os ambientes em relação às trocas térmicas com o exterior em locais que contam com ar condicionado, evitar o efeito estufa nos panos de vidro das fachadas, entre outras, são algumas das possibilidades (Corbella, 2011).

Há que se registrar que na história recente da arquitetura mundial, as tecnologias modernas permitiram o surgimento de modismos, mais com caráter estético do que funcional. É o caso da “pele de vidro”, com uma linguagem plástica e um grande apelo estético, mas não necessariamente preocupada em garantir iluminação natural e oferecer visão do espaço externo, que é a função precípua dos fechamentos transparentes do edifício. Os fechamentos em vidro são frágeis, pois têm alta transmissão térmica, permitem a passagem de ruídos e normalmente são bem mais caros que os fechamentos opacos da envoltória. Os efeitos desta transmissão térmica são basicamente o aumento da carga térmica interna e, por sua transparência, a elevação da transmissão da radiação solar que se transforma em calor interno.

Este calor é potencializado pelo uso dos equipamentos elétricos e de informática, pela iluminação artificial e pelos usuários, gerando o indesejado efeito estufa, que é inimigo do conforto ambiental.

Tendo como propósito o auxílio no desenvolvimento de projetos de arquitetura mais adequados às características climáticas brasileiras, a ABNT publicou a NBR 15.220/2005 (Norma brasileira de desempenho térmico para as edificações) com o propósito de auxiliar e incentivar o desenvolvimento de projetos arquitetônicos mais adequados às características climáticas nacionais. A parte 3 da norma criou o zoneamento bioclimático nacional, que subdividiu o país em oito (8) Zonas Bioclimáticas (Fig. 2).

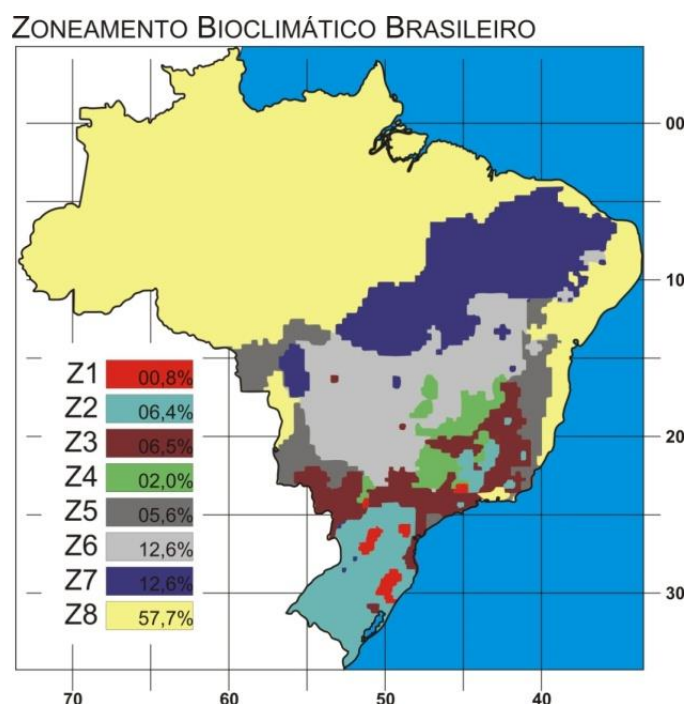


Fig.2- Mapa do Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: NBR 15.220/2010

A distribuição das zonas bioclimáticas ocorreu em função de características como temperatura, umidade e altitude das 330 cidades classificadas, que servem de parâmetros para as demais cidades do país.

A norma fornece recomendações técnico-construtivas em função das características de desempenho térmico dos materiais (transmitância, capacidade térmica e absorvância) que compõem as superfícies opacas (paredes e coberturas) da envoltória da edificação. Também aborda a necessidade ou não de sombreamento e a porcentagem de área de aberturas em função da zona bioclimática em que está inserido o edifício. Para cada zona bioclimática, a norma estabelece estratégias de condicionamento do ar a serem utilizadas no projeto arquitetônico, de forma a assegurar o mínimo de desempenho da edificação.

E em 2010 foi publicada a NBR 15.575 (Norma de Desempenho para Edifícios Habitacionais com até 5 Pavimentos), estabelecendo regras para avaliação do desempenho energético das edificações, nesse caso habitacionais. Isto demonstra que tem sido grande o esforço de profissionais, estudantes, entidades técnicas e universidades no sentido de aprofundar e

aperfeiçoar os estudos e a legislação, para facilitar o processo de etiquetagem das edificações do país.

3. Etiquetagem da eficiência energética das edificações (PBE/EDIFICA)

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e foi lançada em julho de 2009 pela Eletrobrás em parceria com o INMETRO. É um selo de conformidade que evidencia o atendimento aos requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos. Entre essas normas está o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C que foi criado para estabelecer os critérios para a concessão da etiqueta do nível de eficiência energética dos edifícios no Brasil.

A ENCE é fornecida a edificações comerciais, de serviços e públicas que passam por processo de inspeção dos sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar, através dos métodos prescritivo e/ou de simulação computacional.

Pelo regulamento, a etiquetagem deve atender aos requisitos relativos à eficiência e à potência instalada do sistema de iluminação, à eficiência do sistema de ar condicionado e ao desempenho térmico da envoltória do edifício. Em linhas gerais, o consumo energético está relacionado aos ganhos e perdas de calor pela “pele”, associada à carga interna gerada pela ocupação humana, pelo uso de equipamentos e pela iluminação artificial, resultando no consumo dos sistemas de ar condicionado da edificação.

A etiqueta pode ser geral, quando se avalia os três sistemas, ou parcial, quando se avalia apenas a envoltória ou dois sistemas combinados, sendo que a avaliação da envoltória é sempre obrigatória, por ser considerada a “pele” da edificação.

A Figura3 mostra o modelo de uma etiqueta, neste caso para “edificação construída”.



Fig.3- Exemplo de etiqueta para projeto de edificação comercial, de serviços ou pública

Fonte: PBE Edifica

Para obter a classificação geral do nível de eficiência do edifício são atribuídos pesos às classificações de acordo com os requisitos: - 30% para envoltória, 30% para sistema de iluminação e 40% para sistema de ar condicionado, resultando numa classificação final, em cinco níveis, partindo do mais eficiente (Nível A) para o menos eficiente (Nível E), conforme Figura 4.



Fig.4. Classificação da classe A (+ eficiente) até a classe E (- eficiente)
Fonte: RTQ-C

É importante ressaltar que a obtenção da etiqueta não é em caráter definitivo, por considerar que ela poderá ser melhorada ao longo do tempo, já que desempenhos superiores sempre poderão ser alcançados com inovações tecnológicas ao longo da vida útil do edifício. A definição de cinco níveis - de A a E - demonstra esta filosofia de aprimoramento, uma vez que não possui limite máximo para o nível A.

De acordo com o nível de eficiência pretendido serão exigidos pré-requisitos específicos dos três sistemas; se não atendidos, a edificação poderá não receber a etiqueta desejada. Por outro lado, também podem ser concedidas bonificações para outras iniciativas que aumentem o desempenho do edifício, desde que comprovadas e justificadas. É o caso, por exemplo, do uso racional da água, do aquecimento solar e do uso de sistema fotovoltaico.

4. Metodologia

Este artigo busca apresentar os resultados da análise das características construtivas da envoltória do Edifício Ministros II do complexo do Superior Tribunal de Justiça (Fig.5), sob o ponto de vista dos critérios estabelecidos pelo método prescritivo do RTQ-C.

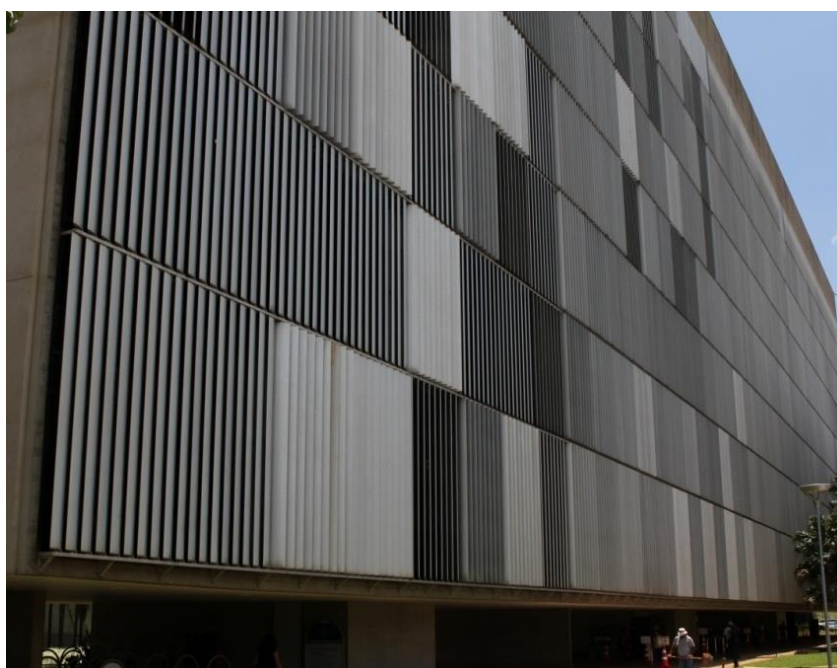




Fig.5.Fotos das fachadas norte e sul (principal) do edifício Ministros II

Fonte: produzida pelo autor

A escolha do edifício Ministros II deveu-se aos fatores descritos a seguir:

- o prédio possui oito andares, além do pilotis, e acomoda dezesseis gabinetes de Ministros com um total aproximado de 700 servidores além dos usuários externos que circulam pelos gabinetes;
- o uso do edifício caracterizado basicamente por escritórios;
- o período de ocupação, essencialmente diurno, de segunda a sexta-feira, de 7:00 às 19:00;
- a distribuição dos ambientes internos ao longo do pavimento tipo e também a solução adotada para a envoltória;
- a volumetria retangular do edifício, com 120.40m de comprimento, 16.45m de largura e 35.92m de altura;
- a grande área de paredes externas envidraçadas nas fachadas norte e sul;
- os materiais construtivos do edifício, destacando-se o concreto aparente e a pele de vidro,
- e a existência de protetores solares metálicos (*brise-soleil*) na fachada norte e protetores solares em concreto na fachada sul, que fazem o sombreamento dos ambientes internos.

A análise da edificação foi feita apenas para a envoltória, uma vez que esta tem grandes impactos na eficiência energética e é sempre obrigatória para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, conforme previsto na norma IN 02.

O levantamento de dados foi realizado a partir das plantas e detalhes construtivos disponibilizados pelo próprio Tribunal, além de alguns detalhes verificados “*in loco*”. E os cálculos foram baseados nas equações referentes ao indicador de consumo da envoltória (ICenv), como prevê o regulamento.

Cabe ressaltar que o RTQ-C“ recomenda o uso de do método de simulação computacional em edificações onde o percentual de aberturas nas fachadas (PAF) é elevado, os vidros possuem alto desempenho e os elementos de sombreamento são diferenciados por

orientação”(pag. 14/15); porém este artigo faz a análise apenas do ponto de vista do método prescritivo.

5. O estudo de caso

5.1. Características gerais do edifício

Trata-se de um edifício de escritórios com área total construída de 16.408,07 m² distribuídos em 8 pavimentos e mais o pilotis, localizado na zona bioclimática ZB 4 (ver plantas no anexo I deste artigo).

A tipologia da edificação é retangular, estreita, com estrutura em concreto armado aparente e fachadas cegas a leste e oeste. As fachadas norte e sul têm pele em vidro comum, fumê de 8mm e grandes aberturas envidraçadas. A fachada sul possui proteção solar fixa em concreto e a fachada norte, por sua orientação em relação à trajetória solar, possui *brise-soleil*, móvel, em alumínio anodizado natural, em toda sua extensão.

Os ambientes de trabalho são localizados ao longo da fachada sul, com a circulação externa pela fachada norte, sendo que parte desta circulação foi ocupada por ambientes de trabalho em função da demanda do Tribunal.

O prédio possui pilotis que é ocupado com hall de elevadores, escadas de emergência, estacionamentos abertos para motos, bicicletas e carros oficiais.

Pelo regulamento, a garagem subterrânea não faz parte do cálculo da eficiência da envoltória, não tendo sido considerada.

5.2. Parâmetros analisados

5.2.1- Orientação solar das fachadas do edifício: obtida da planta geral de situação e locação do complexo. O edifício tem orientação no sentido leste/oeste onde ficam as empenas cegas (Fig.6).

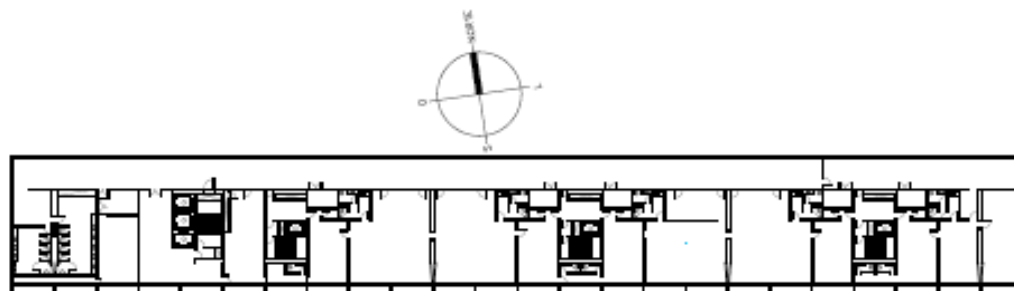


Fig. 6 – Planta Baixa do pavimento tipo com a orientação solar

Fonte: acervo de plantas da CEAR /SEARQ/STJ

5.2.2. Especificações dos materiais da envoltória:

- Fachadas Leste e Oeste: paredes externas cegas, compostas internamente por uma alvenaria de tijolo cerâmico de 8 furos, rebocada e pintada, e uma parede externa de concreto aparente, com espessura de 5cm, armada com tela metálica.

- Fachada Sul: grandes aberturas do piso ao forro de gesso em vidro comum, monolítico, fumê de 8 mm fixado em esquadrias de alumínio pretas, formando a pele de vidro. Protegida por *brises-soleil* fixos em concreto aparente. Internamente são utilizadas persianas verticais na cor bege para proteger da radiação solar.

- Fachada Norte: mesmas características da fachada sul, mas protegida por *brises-soleil* móveis, em alumínio anodizado natural, colocados a aproximadamente 8 cm da face envidraçada.

- Cobertura: laje de concreto de 12 cm de espessura e camada de impermeabilização com argamassa de regularização, manta asfáltica Texsa Morter Plass RR de 4mm de espessura e camada de proteção mecânica feita com argamassa de 3cm de espessura.

- Entre a cobertura do edifício e o forro de gesso do 8º pavimento possui uma câmara de ar de aproximadamente 4,00m, já que aí ficam localizadas as caixas d'água que alimentam o edifício.

5.2.3. Informações gerais do prédio:

Obtidas do projeto arquitetônico e algumas medidas foram retiradas '*in loco*'.

- Dimensões do prédio: 120,38 x 16,45 x 38,42m (comprimento x largura x altura)
- Área total construída - **Atot**: 16.408,07 m²
- Área da envoltória - **Aenv**: 11.957,38 m²
- Área de projeção da cobertura - **Apcob**: 1.850,16 m²
- Área de projeção do edifício - **Ape**: 1.1675,40 m²
- Área útil de piso - **Aútil**: 14.661,02 m²
- Volume total - **Vtot**: 71.838,28 m³
- Fator de Forma - **FF**: 0,166
- Fator Altura - **FA**: 0,112
- Percentual de aberturas das fachadas (**PAF**)(*)
 - **PAF Leste** = **PAF Oeste** = 0
 - **PAF Norte** = 0,46 = 46%
 - **PAF Sul** = 0,475 = 47,5%
- **PAF Total** : **PAFt** = 0,398 = 39,8%
 - Percentual de aberturas na fachada oeste (**PAFo**) = 0
 - Percentual de abertura zenital - **PAZ** = 0

(*) O **PAFt**, é obtido pela razão entre a soma das áreas de todas as aberturas envidraçadas e a área total de cada fachada. Como as fachadas Leste e Oeste são totalmente opacas, sem aberturas, o **PAF O** = 0 e o cálculo foi feito para as fachadas Norte e Sul.

- Ângulo Vertical de Sombreamento - **AVS** = 26,57°
 - Fachadas Leste e Oeste : **AVS** = 0
 - Fachada Norte: **AVS** = 0
 - Fachada Sul: **AVS** = 45°
- Ângulo Horizontal de Sombreamento - **AHS** = 28,44°
 - Fachadas Leste e Oeste: **AHS** = 0
 - Fachada Norte: **AHS** = 45%
 - Fachada Sul: **AHS** = 12,00%

- Fator solar dos vidros das fachadas - **FS**: vidro comum, cristal, fumê e com 8 mm de espessura - **FS** = 0,72

5.2.4. Elementos construtivos de proteção solar (brises):

São usados para o cálculo dos ângulos de sombreamento vertical (AVS) e horizontal (AHS). Toda a fachada Norte, com 4.108,70m² é protegida por brises metálicos verticais, móveis em alumínio anodizado natural e toda a fachada Sul tem proteção em brises fixos, horizontais e verticais, moldados em concreto aparente, cujos detalhes encontram-se a seguir (Fig.7)

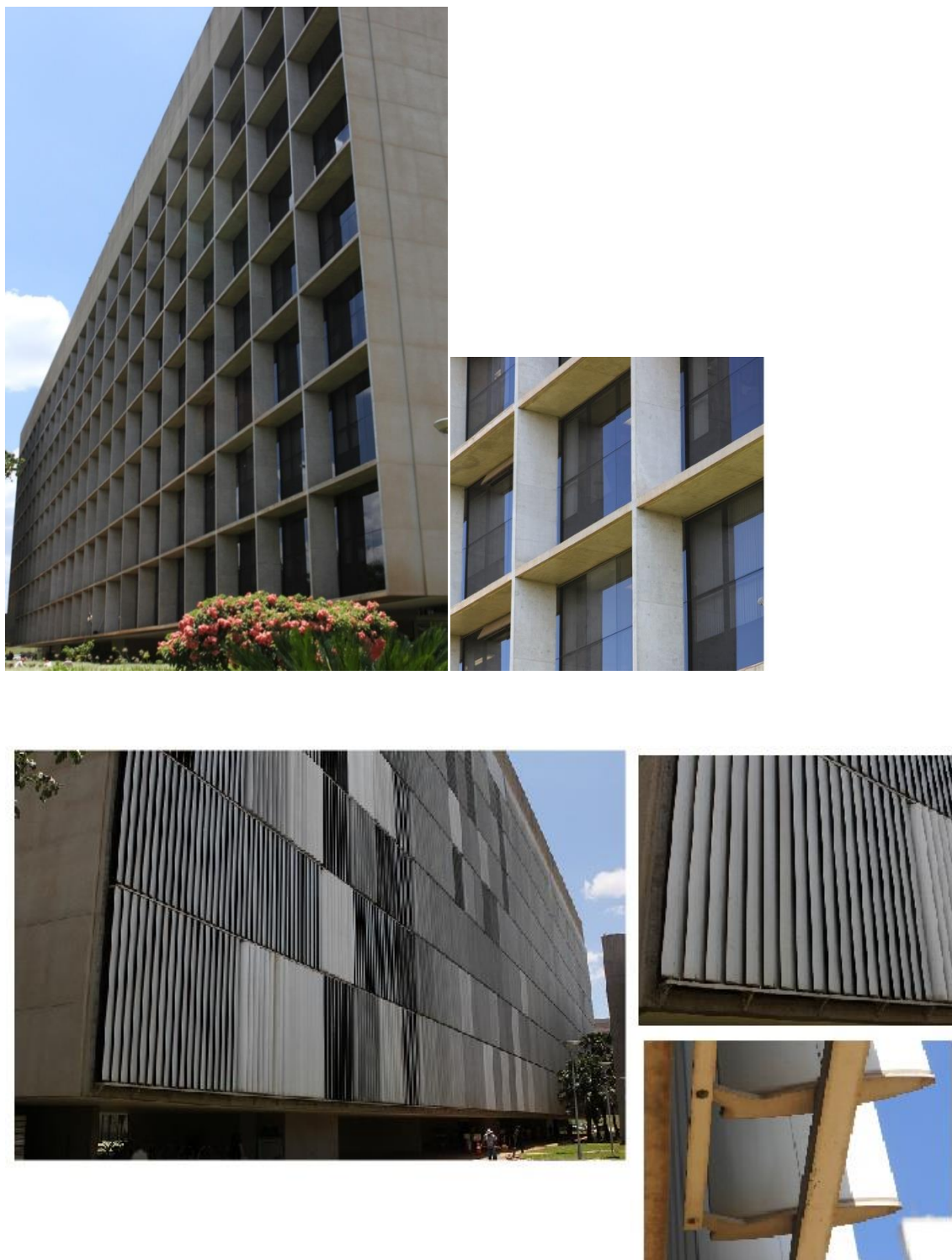


Fig.7- Fotos das Fachadas Sul e Norte e detalhes dos respectivos brises

Fonte: produzidas pela autora

6. Avaliação da envoltória

6.1. Cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória (**IC_{env}**)

O cálculo do indicador de consumo (IC) visa prever como a envoltória irá impactar o consumo de energia. A envoltória protege o interior do edifício e quanto mais exposto, maior será a troca térmica entre o exterior e o interior.

Para determinar o Indicador de Consumo da Envoltória (**IC_{env}**) é necessário estabelecer, de acordo com a NBR 15.220-3, a Zona Bioclimática em que se encontra a cidade de Brasília, que é ZB nº 4, bem como verificar se a área de projeção do edifício (**A_{pe}**) é maior ou menor que 500m², de forma a se utilizar as equações corretas.

No caso de ZB 4 o limite do Fator de Forma é livre e, sendo **A_{pe}** > 500m², utiliza-se a equação 3.8 do RTQ-C que se segue:

$$\mathbf{IC_{env} = 511,12 \times FA + 0,92 \times FF - 95,71 \times PAFt - 99,79 \times FS - 0,52 \times AVS - 0,29 \times AHS - 380,83 \times FA \times FF + 4,27/FF + 729,20 \times PAFt \times FS + 77,15}$$

Onde: FA: fator altura; FF: Fator de forma; PAFt: percentual de aberturas das fachadas; FS: fator solar do vidro; AVS: ângulo vertical de sombreamento e AHS: ângulo horizontal de sombreamento.

O valor de **IC_{env}** encontrado foi de 230,15. Pela norma, este valor deve ser comparado a uma escala numérica dividida em intervalos que descrevem os níveis de classificação de A a E.

Os limites máximo e mínimo do indicador de consumo da envoltória são calculados pela mesma equação, mas com os parâmetros (AHS, AVS, FS e PAFt) estabelecidos pelo regulamento. Estes limites representam o intervalo dentro do qual a edificação deve se inserir. O **IC_{maxD}** encontrado foi de 301,77 e o **IC_{min}** foi 93,30. **IC_{maxD}** é o indicador máximo para se atingir a classificação nível D; a partir daí passa-se para o nível E.

Como **IC_{env}** encontrado está no intervalo entre **IC_{maxD}** e **IC_{min}**, faz-se a divisão do intervalo de acordo com a equação 3.13 do RTQ-C, para encontrar as partes (i) correspondentes aos níveis de A a E:

$$\mathbf{i = (IC_{maxD} - IC_{min}) / 4 = 298,57 - 90,12 / 4 = 52,12}$$

O valor de **i** é lançado na Tabela 3.4 do RTQ-C (Fig.8) e os resultados estão na tabela da Fig.8a.

EFICIÊNCIA	NÍVEL A	NÍVEL B	NÍVEL C	NÍVEL D	NÍVEL E
Limite Mínimo	0	IC _{maxD} -3i+0,01	IC _{maxD} -2i+0,01	IC _{maxD} -i+0,01	IC _{maxD} +0,01
Limite Máximo	IC _{maxD} -3i	IC _{maxD} -2i	IC _{maxD} -i	IC _{maxD}	0

Fig. 8 – tabela dos limites dos níveis de eficiência energética de acordo com o RTQ-C

Fonte: RTQ-C 2009

EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Máximo	0	145,42	197,54	249,66	301,78
Limite Mínimo	145,41	197,53	249,65	301,77	0

Fig. 8a – Tabela dos limites dos intervalos dos níveis de eficiência – STJ

Fonte: produzida pela autora (2016)

Comparando o **IC_{env}** (230,15) com a tabela acima, identifica-se que o nível máximo da envoltória é “C” e o nível mínimo é “D”.

6.2. Pré - requisitos específicos da envoltória

De acordo com o regulamento, após o cálculo do nível de eficiência da envoltória devem ser verificados os pré-requisitos específicos da envoltória referentes à transmitância térmica, cores e absorvância das superfícies opacas, de acordo com a zona bioclimática em que se encontra o edifício. A Fig.9 é uma comparação entre os valores previstos no RTQ-C e os valores encontrados no edifício que está sendo analisado, na ZB 4.

PRÉ-REQUISITOS	NÍVEL A		NÍVEL B		NÍVEL C		NÍVEL D		NÍVEL E	
	RTQ-C	STJ	RTQ-C	STJ	RTQ-C	STJ	RTQ-C	STJ	RTQ-C	STJ
Upar	≤ 3,70	2,54	≤ 3,70	2,54	≤ 3,70	2,54	≤ 3,70	2,54	NÃO TEM	2,54
Ucob -AC	1	1,12	1,5	1,12	2	1,12	2	1,12	NÃO TEM	1,12
Ucobcob - AnC	2	1,12	2	1,12	2	1,12	2	1,12	NÃO TEM	1,12
α cob	≤ 0,50	0,94	NÃO TEM	0,94	NÃO TEM	0,94	NÃO TEM	0,94	NÃO TEM	0,94
α par	≤ 0,50	0,85	≤ 0,50	0,85	NÃO TEM	0,85	NÃO TEM	0,85	NÃO TEM	0,85

Fig. 9 – Comparativos entre pré – requisitos específicos da envoltória do RTQ-C e do STJ

Fonte: produzida pela autora (2016)

Sendo: - Upar= transmitância térmica das paredes (W/m^2K)

- Ucob= transmitância térmica da cobertura (W/m^2K) -AC: área condicionada e AnC: área não condicionada

- α par= absorvância das paredes externas

- α cob= absorvância da cobertura

Ressalta-se que se os pré-requisitos não forem atendidos o nível de eficiência da envoltória poderá ser rebaixado, podendo chegar ao nível mínimo da etiquetagem.

6.3. Avaliação dos parâmetros pelo Webprescritivo

O Webprescritivo é uma ferramenta desenvolvida para avaliação da Eficiência Energética das Edificações, usando o método Prescritivo do RTQ-C. O objetivo da ferramenta “não é obter a ENCE, mas automatizar os procedimentos de avaliação conforme o regulamento”.

Os parâmetros do edifício foram lançados no programa e o resultado encontrado, sem considerar os pré-requisitos da envoltória, foi Nível “C” de desempenho.

Como os valores das transmitâncias das paredes e da cobertura, e absorvâncias das superfícies de paredes e cobertura, referentes aos pré-requisitos obrigatórios para os Níveis A e B não foram atendidos, o nível de desempenho da envoltória permaneceu em “C”.

7. Análise dos resultados

Uma vez obtidos os indicadores de consumo da envoltória - ICenv, ICmaxD e IC min - conforme a tabela da Figura 8, e dado que a envoltória em questão alcançou o Nível C de eficiência energética, é necessário discutir os demais parâmetros.

7.1. Orientação das fachadas:

Não é considerada diretamente na equação do cálculo do indicador de consumo a não ser quando o percentual de aberturas na fachada oeste (PAFo) for 20% maior que o percentual de

aberturas das demais fachadas (PAF). Este não é o caso, pois o edifício não tem aberturas na fachada oeste.

A orientação do edifício, quando da concepção do projeto arquitetônico foi bem resolvida e não compromete o desempenho da envoltória. O prédio foi implantado na direção leste-oeste, sendo que a fachada principal, onde estão localizados os ambientes de trabalho, é voltada para o sul e possui proteções solares de concreto, tanto horizontais quanto verticais. A fachada norte, sobre a qual incide sol durante todo o dia foi protegida pelos brises verticais móveis, gerando um sombreamento compatível com a atividade desenvolvida deste lado da edificação que é de circulação. Porém, quando parte da circulação se transformou em ambientes de trabalho mais próximo à empena leste, os brises não têm sido tão eficientes; os usuários reclamam de calor e falta de iluminação nos ambientes.

7.2. Percentual de aberturas nas fachadas (PAF)

A equação do Indicador de Consumo demonstra a relação direta do consumo de energia com o percentual de aberturas nas fachadas. Em 2006, Santana demonstrou que o PAF destacou-se como o parâmetro que apresentou maior influência na variável do consumo de energia, pois permitiu ganhos excessivos de calor. Também verificou, nos edifícios avaliados em Florianópolis, que aqueles “que possuem maior PAF foram os que obtiveram menores classificações e os edifícios com baixo percentual de aberturas obtiveram nível A de eficiência energética”.

O edifício em análise possui grandes áreas de aberturas envidraçadas nas fachadas norte e sul e, em consequência, o PAFt bastante elevado de 39,8%. A situação foi amenizada pelo fato de não possuir aberturas nas fachadas leste e oeste.

Neste caso, para alcançar maior nível de conforto dos usuários é necessário o uso mais intenso do condicionamento do ar e também da iluminação artificial, em função do escurecimento proporcionado pelas proteções solares internas (persianas) e externas (brises).

O uso intensivo desses dois sistemas contribui, em muito para o aumento do consumo de energia do edifício.

7.3. Pele de vidro

A pele de vidro é o elemento frágil, pois tem alta transmissão térmica e alta transmissão de radiação solar, que se transformam em calor interno.

No edifício em questão, a situação não foi amenizada pelo fato de o vidro ser absorvente escuro (fumê). É que o vidro fumê, quanto mais escuro, apresenta coeficiente de transmissão reduzido, mas em contrapartida aumenta progressivamente o coeficiente de absorção do calor. Ao assumir uma temperatura elevada quando absorve calor externo, ele transmite boa parte do calor absorvido para o interior do ambiente. Além disso, por ser escuro, ele afeta a quantidade de iluminação que passa pelo fechamento.

Para quantificar o calor que penetra em um ambiente através de fechamentos transparentes ou translúcidos, faz-se necessário saber o seu fator solar (FS), que é a razão entre a quantidade de energia solar que entra pelo fechamento e a quantidade de energia que incide sobre ele.

O fator solar (FS) do vidro utilizado no STJ é alto, de 0,72, um dos maiores existentes no mercado, contribuindo para o aumento da carga térmica nos ambientes internos.

7.4. Proteções solares (*brises-soleil*)

As proteções solares influenciam diretamente no desempenho energético, pois são responsáveis pelo maior ou menor sombreamento das fachadas envidraçadas. Fossati e Lamberts (2010) ressaltam que as proteções solares aparecem como o segundo fator de maior influência energética da envoltória: - quanto mais sombreadas forem as aberturas, maior será o nível de eficiência atingido.

As proteções solares estão representadas na equação do consumo pelos ângulos vertical e horizontal de sombreamento – AVS e AHS. Quanto maior for o ângulo de sombreamento em relação à janela, menor será a carga térmica no ambiente. Neste sentido, já foi demonstrado por Santana (2006) que a cada 10graus de aumento do ângulo vertical de sombreamento há um decréscimo de 1,8% do consumo de energia.

No caso de edifícios com pele de vidro como o STJ, atenção especial deve ser dada às proteções solares internas (persianas) e externas (os *brises soleil*) e também ao vidro fumê. Na Fig.10, comparando áreas de alguns fechamentos envidraçados que permitem passar a mesma quantidade de energia solar, percebe-se que as proteções internas e também os vidros absorventes escuros (fumê) têm eficiência reduzida em comparação ao resultado obtido com as proteções externas (*brise-soleil*).

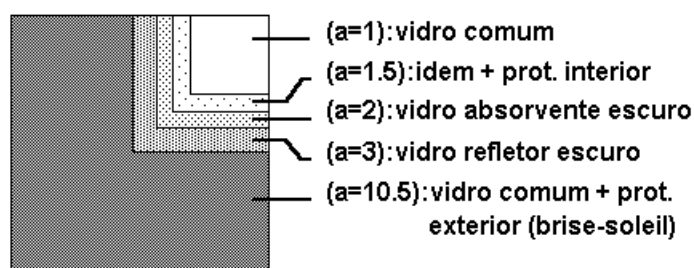


Fig. 10 – Comparação entre vidros e protetores solares

Isto se comprova com a análise do edifício em questão, que possui protetores solares nas duas maiores fachadas, gerando um nível satisfatório de sombreamento nos ambientes internos

A fachada sul tem AVS baixo de 11,9% mas tem AHS alto de 45%, provocados pelos protetores solares horizontais fixos, que formam um quadro de concreto ao longo da fachada. Ainda assim, foram colocadas persianas internas, em função do calor absorvido pelo vidro fumê e também do ofuscamento sentido pelos usuários cujos postos de trabalho ficam localizados próximo às janelas. As persianas claras, de cor bege, devolvem parte da radiação para o exterior e reduz o ofuscamento nas telas de computadores, considerando a claridade do céu de Brasília. Quando fechadas, elas comprometem o contato visual com o exterior e levam à redução da luz natural nos ambientes, elevando o uso de iluminação artificial.

A fachada norte apresentou AVS baixo de 0,008% e AHS também elevado de 52,5% em função dos brises metálicos, cujo espaçamento entre as lâminas é de 15cm. O *brise-soleil*, quando fechado, fica totalmente opaco causando o escurecimento do ambiente. Como o espaço de contato com essa fachada era originalmente uma circulação, de permanência transitória, o sombreamento não comprometia o funcionamento da mesma. Agora, que parte desta circulação se transformou em área de trabalho, há a necessidade de intensificar a iluminação no ambiente e os usuários também reclamam de calor intenso e têm solicitado a colocação de película protetora e de persianas internas.

A sensação de calor ocorre principalmente porque o espaço era originalmente destinado à circulação, que é área de permanência transitória, cujo condicionamento de ar foi projetado apenas para ventilação e não é tão eficiente quanto nos demais ambientes.

Há que se ressaltar que a presença de sombreamento nas fachadas contribui para a redução do consumo de energia e maior classificação no nível de eficiência energética em relação a edifícios que não possuem proteções solares. Pelo webprescritivo, se este prédio não fosse protegido pelos brises, pelo menos na fachada norte, sua classificação cairia para Nível “E”, o que demonstra a importância do sombreamento existente, mesmo considerando as características atuais.

7.5. Tipologia da edificação

A forma arquitetônica pode ter grande influência no consumo de energia, pois interfere nos fluxos de ar no interior e no exterior da edificação, bem como na quantidade de luz e de calor solar recebidos. É uma variável importante para o conforto e o desempenho energético, e está relacionada à compactidade do edifício e à área de superfície exposta às variações térmicas. É tão significativa que faz parte da equação do índice de consumo da envoltória, através dos fatores de forma e altura.

O Fator de Forma é o índice representativo das proporções do edifício, sendo calculado pela razão entre a área da envoltória (A_{env}) e o volume total da edificação (V_{tot}).

O Fator Altura representa o número de pavimentos e é calculado pela razão entre a área de projeção da cobertura (A_{pcob}) e a área total da edificação (A_{total}).

Um edifício de forma retangular, mais alongado, com número significativo de pavimentos, onde a fachada principal é comprida e alta, pode ter sua classificação comprometida em termos de eficiência. Foi observado (Pedrini, Tinoco e Ruck) que o número de paredes externas está relacionado à compactidade, do ponto de vista do RTQ-C; quanto menos compacto e mais alongado, mais o edifício fica passível de pior classificação em termos de eficiência energética.

Esta é a situação do edifício em análise, que possui aproximadamente 120m de comprimento, 16m de largura e 38 m de altura. Apesar de permitir boa orientação dos espaços internos ao longo da fachada, em relação à insolação e ventilação naturais, o grande número de paredes externas, altas, e ainda com grandes aberturas envidraçadas implica em grandes variações térmicas, tendo relação direta com a classificação obtida no método prescritivo.

7.6. Influência dos pré - requisitos

A envoltória deve atender aos requisitos específicos para cada nível de eficiência. Quanto mais elevado for o nível pretendido, mais restritivos serão os requisitos a serem atendidos.

Os pré-requisitos são referentes à transmitância térmica de paredes e cobertura, às cores e à absorptância solar de paredes e cobertura.

A transmitância térmica ajuda a avaliar o comportamento dos fechamentos opacos frente à transmissão de calor e tem limites estabelecidos pela norma NBR 15.220-2.

A absorptância solar de paredes e cobertura é uma variável relacionada às cores das superfícies, no caso o concreto aparente (cinza) e a impermeabilização da laje de concreto.

Tanto os valores quanto a metodologia utilizada para o cálculo das transmitâncias térmicas foram baseados na NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Os cálculos não levaram em consideração os brises metálicos.

Comparando os valores obtidos no prédio do STJ com os pré-requisitos estabelecidos pelo RTQ-C (Fig.9), verifica-se que:

- Para **Nível A**: os pré-requisitos referentes à transmitância térmica da cobertura e às absorptâncias de paredes e cobertura não foram atendidos

- Para **Nível B**: apenas a absorptância da cobertura não foi atendida

E como os Níveis A e B exigem que todos os pré-requisitos sejam atendidos, o Nível máximo a ser alcançado pelo edifício em questão é C.

8. Conclusão

O objetivo deste artigo é analisar a envoltória do edifício em questão sob o ponto de vista do método prescritivo do RTQ-C. Todavia, há que se ressaltar que o método prescritivo foi estabelecido como um conjunto de regras gerais para identificar a eficiência do edifício, mas ele não abrange todas as soluções possíveis. Isto leva à necessidade de muitos casos serem avaliados também pelo método da simulação computacional, como poderia se feito com os *brises-soleil* e, eventualmente, a pele de vidro.

A aplicação da equação 3.8 do RTQ-C, referente ao índice de consumo da envoltória obteve o resultado de $IC_{env} = 230,15$ o que resulta em , no máximo, Nível “C” de eficiência energética. O mesmo resultado foi alcançado quando os parâmetros referentes às características do prédio foram lançados na ferramenta de avaliação Webprescritivo. E o não atendimento aos pré-requisitos específicos obrigatórios da envoltória manteve o Nível C.

No caso em questão, a qualidade do projeto arquitetônico, as preocupações com a implantação do prédio no terreno, a localização das áreas de trabalho ao longo da fachada sul, a colocação de pilotis em contraponto ao prédio muito comprido e principalmente a colocação de protetores solares nas fachadas envidraçadas ainda não foram suficientes para assegurar um bom desempenho energético para a edificação.

Dentre os parâmetros analisados, alguns foram mais representativos. O percentual de aberturas da fachada (PAFt), de 39,8%, foi o que apresentou maior influência na variação do consumo de energia, pois as aberturas representam um dos componentes mais sensíveis do edifício. A grande influência está relacionada aos ganhos e perdas de calor e daí a necessidade de serem corretamente dimensionadas, quando possível.

A colocação de protetores solares amenizou significativamente o ganho energético, principalmente na fachada norte; eles não foram suficientes para melhorar classificação do edifício, mas evitaram que um menor nível de eficiência fosse atingido pela envoltória. Nesse caso, há a necessidade de se fazer estudo detalhado dos desenhos dos brises adotados, com vistas a um melhor desempenho dos mesmos.

A absorptância solar da cobertura também apresentou resultado significativo nesta avaliação. Apesar de a área da cobertura ser menor em relação à área de paredes externas, as características da cobertura são mais representativas em termos de consumo de energia, principalmente em função da cor preta da camada de proteção mecânica.

O fator solar do vidro usado na “pele” da edificação também não pode ser desconsiderado. Ele é uma estratégia importante para alcançar o Nível A, após serem atendidos os pré-requisitos obrigatórios; caso contrário, a edificação permanece no Nível C.

Dado o exposto, percebe-se que melhores níveis de eficiência energética podem ser alcançados ainda na concepção do projeto arquitetônico. Quando pensado integralmente, o edifício apresenta, já desde o início, bom desempenho energético e conforto do usuário. Por outro lado, no caso de edifício já construído, há que se considerar que algumas variáveis não são mais passíveis de mudança e o esforço deve ser concentrado em medidas que levem à redução do consumo de energia pela envoltória e pelos sistemas de iluminação e ar condicionado.

No caso do STJ, e de muitos outros prédios públicos em Brasília, é importante considerar ainda o fato de o edifício ser uma obra do Arquiteto Oscar Niemeyer, caracterizada como patrimônio cultural e arquitetônico. Como tal, segundo Ghirardello, possui “significado histórico e cultural, contribuindo para a compreensão da identidade cultural de nossa sociedade”. Apesar de o prédio não ser formalmente tombado pelo Patrimônio Histórico Nacional, qualquer intervenção deve ser cuidadosamente pensada de forma a não descaracterizar o imóvel e nem ferir sua concepção original. As intervenções no patrimônio cultural construído devem observar as diversas expressões que o caracterizam e conferem o caráter único e insubstituível.

Referências

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15.220- 2:Método para cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações*. Rio de Janeiro, 2005

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15.220- 3: Desempenho térmico das edificações: parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas*. Rio de Janeiro, 2005

BERLEZE, Angélica S. *Avaliação do nível de eficiência energética da envoltória de edifícios públicos educacionais da Universidade Federal de Santa Maria com base no RTQ-C*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós - graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: 2013, 201p

BRASIL. *Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional se Energia*. Brasília, DF, 2001. Disponível em <<http://www.inmetro.gov/qualidade/lei10295.pdf>>. Acesso em 20 de novembro de 2015

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. *Guia Caixa de sustentabilidade - Boas Práticas para Habitação mais Sustentável*. São Paulo: Páginas e Letras, 2010, 204p

CARLO, J.C. *Desenvolvimento de metodologia de avaliação do envoltório de edificações não-residenciais. Tese de Doutorado em Engenharia Civil.. Programa de Pós - graduação em Engenharia Civil. UFSC*. Florianópolis: 2008

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (CB3e). *Manual para aplicação do RTQ-C*. Florianópolis, 2013

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. *Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical para a redução de consumo energético*. Rio de Janeiro: Revan, 2011, 111p.

FERNANDES, Antônio M. *Insolação de edifícios e o projeto se suas proteções solares – as cartas solares*. Disponível <<http://www.ucg.br/deparcursos/arq/confortotermico/index.htm>>. Acesso em 20/10/2015

FOSSATI, Michele; LAMBERTS, Roberto. *Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C*. Ambiente Construído. Porto Alegre: v.10, nº2, p.59-69, 2010.

GHIRARDELLO, Nilson; SPISSO, Beatriz. *Patrimônio histórico: como e porque preservar*. Bauru, SP: Canal 6, 2008, 34p

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *Anexo Geral V do Regulamento de avaliação da Conformidade para Eficiência Energética das Edificações – Catálogo de propriedades técnicas de paredes, coberturas e vidros*. Disponível em <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/anexos-rac#>. Acesso em 10/02/2016

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA *Regulamento de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética das Edificações (RAC)*). Rio de Janeiro, 2013

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de eficiência energética de edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C)*. Rio de Janeiro, 2005

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. *Eficiência Energética na Arquitetura*. Rio de Janeiro: 2004, 366 p

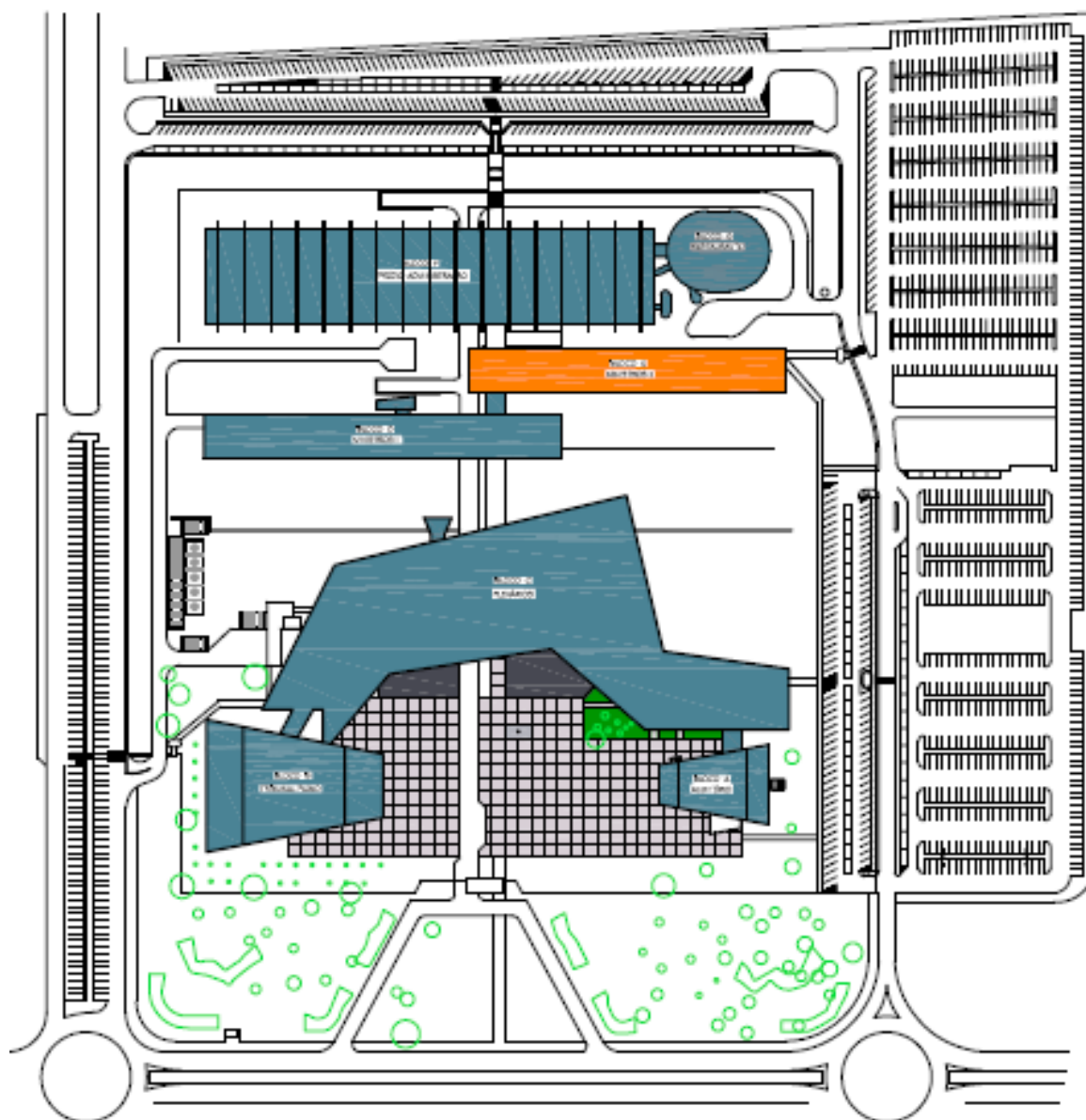
MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO (MPOG/SLTI). *Instrução Normativa 02/2014*. Disponível em <http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-n-2-de-4-junho-de-2014>. Acesso em 16/01/2014

PEDRINI, Aldomar; TINOCO, Marcelo, RUCK, Alice. *Análise tipológica de edifícios residenciais verticais à luz do RTQ-R*. Florianópolis: s.d.

PEDRINI, Aldomar; LAMBERTS, Roberto. *Influência do tamanho e forma sobre o consumo de energia de edificações de escritório em clima quente. VII Encontro Nacional sobre Conforto no ambiente construído*. Anais. Curitiba: ANTAC, 2003. p. 209-216

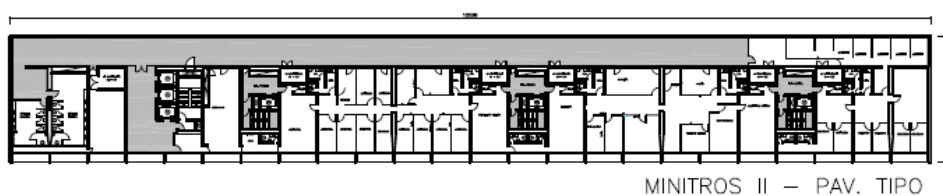
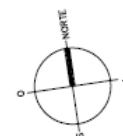
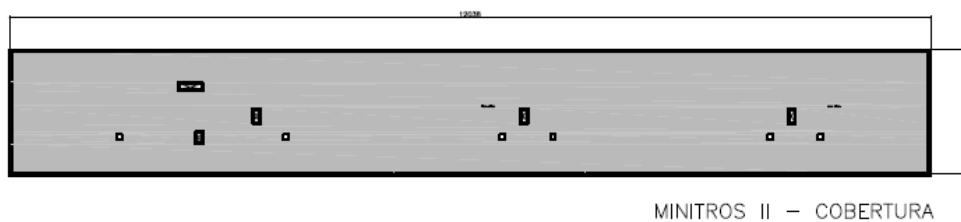
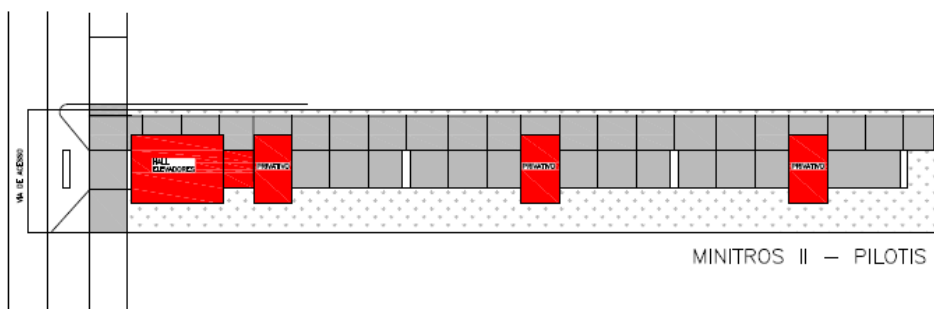
SANTANA, M.V. *Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de Edifícios de escritórios localizados em Florianópolis – SC. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina*. Florianópolis: 2006, 181p

Anexo I – Plantas e detalhes construtivos do edifício

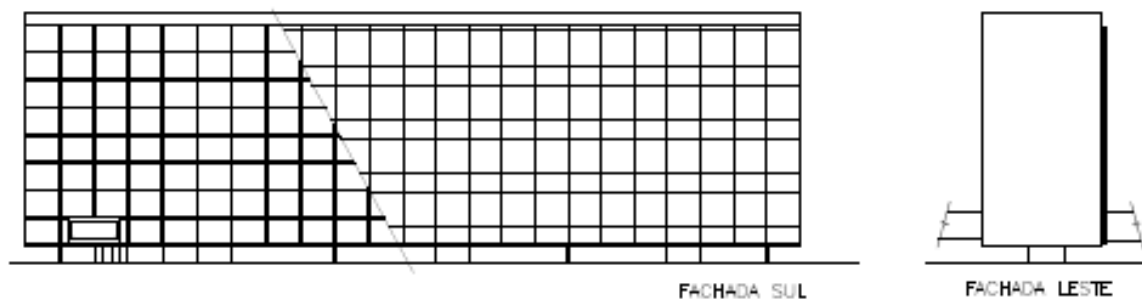
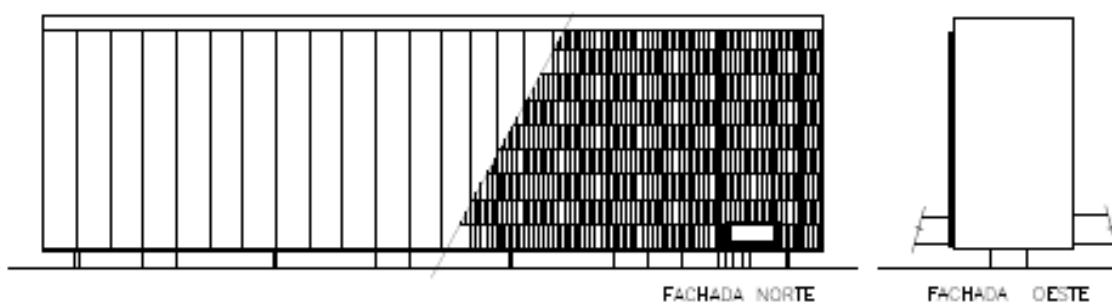


1-Planta geral- situação do complexo

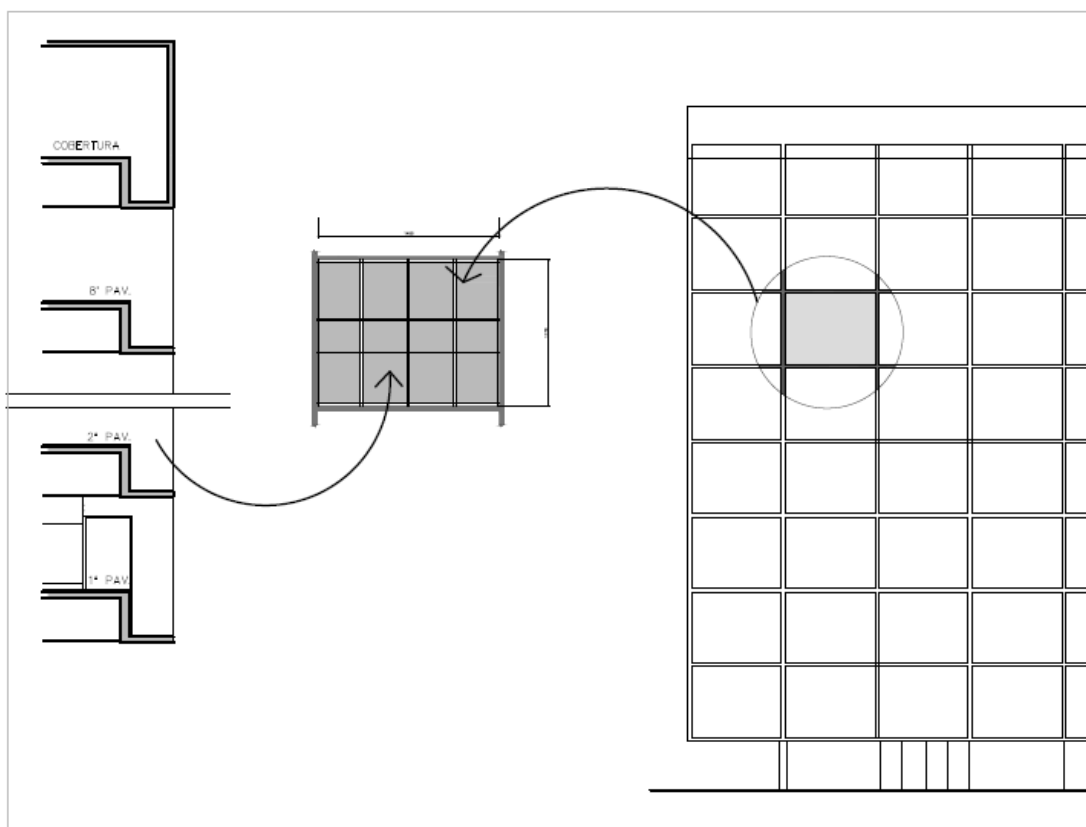
Fonte: CEAR/STJ



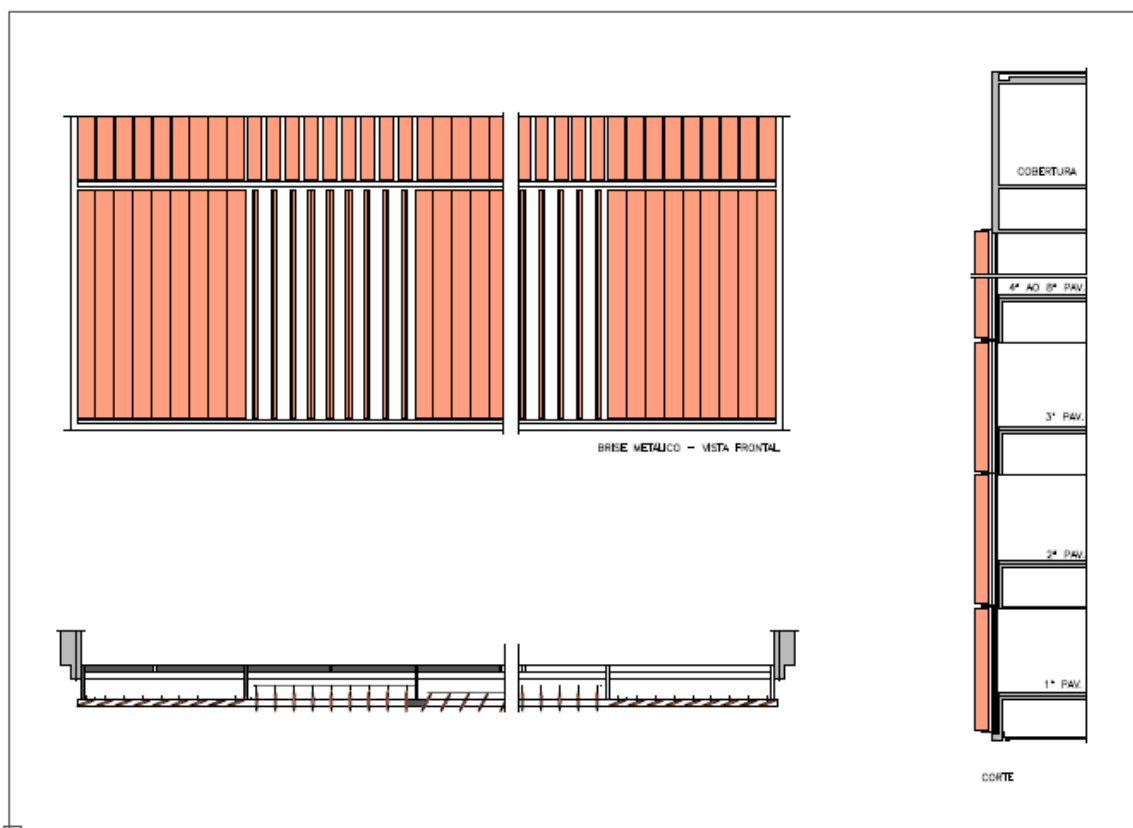
2-Plantas baixas: Pilotis , Cobertura e Pavimento –tipo



3- Fachadas Norte, Oeste, Sul e Leste



4- Detalhes do *brise- soleil* de concreto – Fachada Sul



5- Detalhes do *brise- soleil* metálico – Fachada Norte

6- Webprescritivo

WebPrescritivo

O webprescritivo é uma Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C. O objetivo dessa ferramenta não é obter uma etiqueta de conservação de energia, mas sim automatizar os procedimentos de avaliação da edificação conforme o RTQ-C. Para maiores detalhes, acesse o website do [PBE EDIFICA](#) ou baixe diretamente o [RTQ-C](#).



CB3E
centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

- ☒ A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- ☐ A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

- ☐ Atende pré-requisito para A
- ☐ Atende pré-requisito para B
- ☐ Atende pré-requisito para C
- ☒ A edificação possui isolamento de tubulações
- ☐ Este pré-requisito não se aplica à edificação
- ☐ Não atende

Envolória

Localização

☒ Zona Bioclimática **ZB 4** ☐ Cidade **Brasília DF** ?

Pré-requisitos

$U_{COB} - AC$ $W/(m^2K)$? α_{COB} % ?

$U_{COB} - ANC$ $W/(m^2K)$? CT_{PAR} $kJ/(m^2K)$?

U_{PAR} $W/(m^2K)$? α_{PAR} % ?

PAZ % ? FS ?

Dados Dimensionais da Edificação

A_{TOT} m^2 ? FA : ?

A_{PCOB} m^2 ?

A_{PE} m^2 ?

V_{TOT} m^3 ? FF : ?

A_{ENV} m^2 ?

Características das Aberturas

FS ?

PAF_T % ?

PAF_O % ?

AVS ° ?

AHS ° ?

Iluminação

☒ Por áreas do edifício ☐ Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos ☒ Atende ☐ Não atende

Contribuição da luz natural ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

Desligamento automático ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m²]
1	(nenhuma)	- 1 +		

Condicionamento do Ar

Pré-Requisitos Gerais

- ☒ Possui isolamento de tubulações
- ☐ Não possui isolamento de tubulações

Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1		- 1 +	split			

Condicionadores de ar não etiquetados